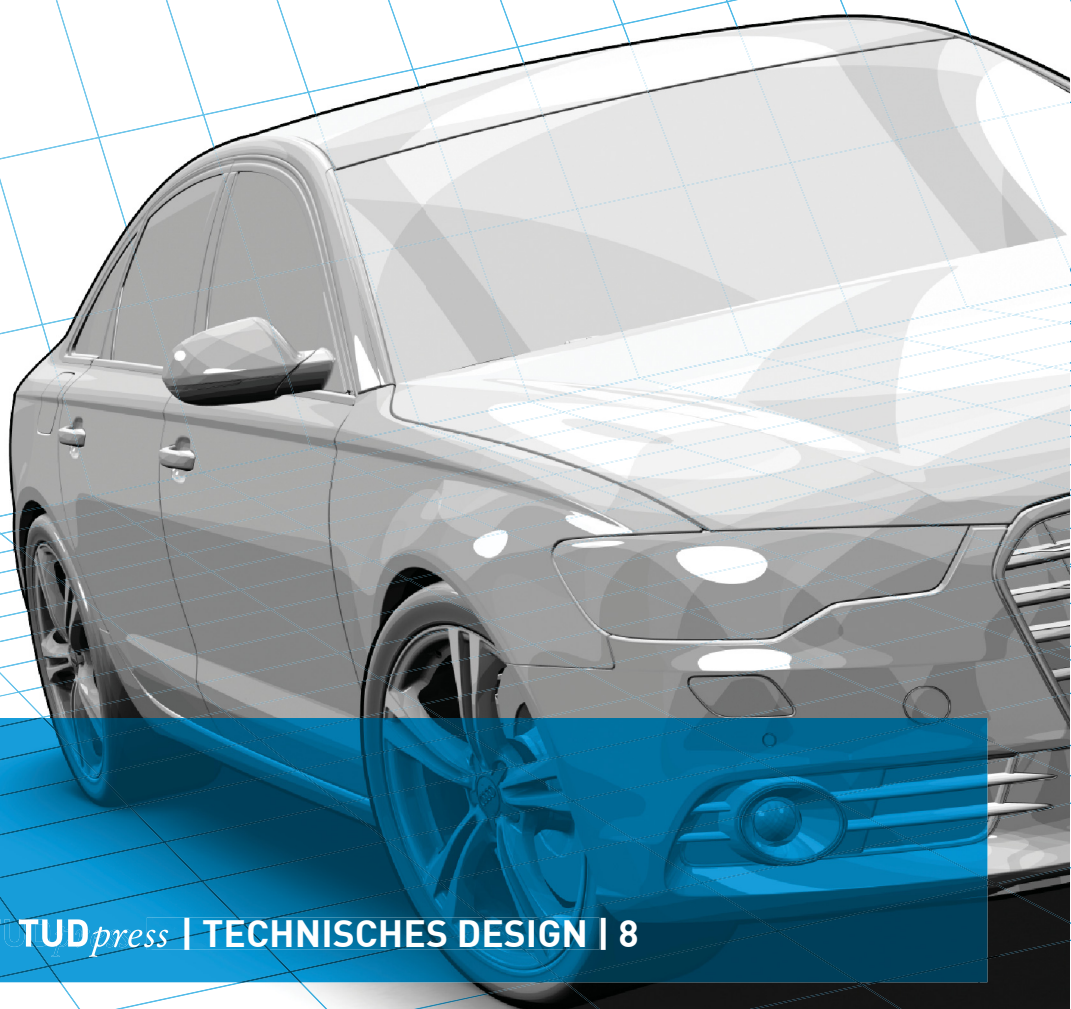


Mario Linke · Günter Kranke · Christian Wölfel · Jens Krzywinski (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis



Mario Linke · Günter Kranke · Christian Wölfel · Jens Krzywinski (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis

Mario Linke, Günter Kranke, Christian Wölfel & Jens Krzywinski (Hrsg.)

## **TUD***press* | TECHNISCHES DESIGN

In der Reihe Technisches Design sind bisher erschienen:

- Johannes Uhlmann:  
*Die Vorgehensplanung Designprozess (Nr. 1)*
- Norbert Hentsch et al. (Hrsg.):  
*Industriedesign und Ingenieurwissenschaften (Nr. 2)*
- Norbert Hentsch et al. (Hrsg.):  
*Innovation durch Design (Nr. 3)*
- Mario Linke et al. (Hrsg.):  
*Design – Kosten und Nutzen (Nr. 4)*
- Jens Krzywinski:  
*Das Designkonzept im Transportation Design (Nr. 5)*
- Jan-Henning Raff: *Lernende als Designer (Nr. 6)*
- Christian Wölfel: *Designwissen (Nr. 7)*
- Mario Linke et al. (Hrsg.):  
*Entwerfen – Entwickeln – Erleben (Nr. 8)*

Weitere Informationen finden Sie unter  
*reihe.technischesdesign.org* und *tudpress.de*.

Mario Linke · Günter Kranke · Christian Wölfel · Jens Krzywinski (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN**

Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis

Entwickeln – Entwerfen – Erleben.

Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis

Herausgeber: Mario Linke, Günter Kranke, Christian Wölfel, Jens Krzywinski

Reihe Technisches Design Nr. 8

[reihe.technischesdesign.org](http://reihe.technischesdesign.org)

Wir bedanken uns für die Unterstützung bei

ma design, Tedata, Continental, xPLM, B.I.M. Consulting und Reiss Büromöbel

**ma design**  
//ENGINEERING

**Continental** 

**B.I.M.**  
consulting

**TEDATA**

**xPLM**  
Solution

**REISS**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 978-3-942710-75-6

© 2012 TUDpress

Verlag der Wissenschaften GmbH

Bergstr. 70 | D-01069 Dresden

Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19

<http://www.tudpress.de>

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Layout und Satz: Sandra Olbrich/Technische Universität Dresden.

Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration Audi A6 Limousine © 2012 Audi AG

Printed in Germany.

# **Konzepte einer ökologischen und flexiblen Flugzeugkabine sowie reale und künstliche Alterungseffekte an Kabinenbauteilen**

## **Einleitung**

Die globale Erwärmung als auch neue Regularien und Richtlinien zwingen die Flugzeughersteller und die Fluggesellschaften ihre Emissionen über den kompletten Life-Cycle eines Flugzeuges zu reduzieren. Über den Life-Cycle eines Flugzeuges gesehen, fallen während der Nutzungsphase eines Flugzeuges mit 98% CO<sub>2</sub> die meisten Emissionen an (Airbus Operations GmbH 2009). Dementsprechend stellt die Nutzungsphase den größten Hebel dar, um eine deutliche Senkung der Emissionen umzusetzen. Nach dem Advisory Council for Aeronautics in Europe (ACARE) lässt sich eine Reduktion der Emissionen während der Nutzungsphase vorzugsweise durch aerodynamische Verbesserungen, eine Gewichtsreduktion, neue Flugzeugkonzepte und eine erhöhte Kapazität innerhalb der Flugzeugkabine umsetzen (ACARE 2002).

Neben der Nutzungsphase ist jedoch auch die Entsorgung der Flugzeuge vor allem für die Flugzeughersteller von großer Bedeutung. Denn ab dem Jahr 2015 soll die neue ISO 14001 in Kraft treten, jene neue europäische Vorschrift, die Flugzeughersteller mit Auto-

mobilproduzenten gleichsetzt. Ab diesem Zeitpunkt müssen die Flugzeughersteller selbst für ihre ausgedienten Flugzeuge die Verantwortung übernehmen und müssen diese zurücknehmen (P.M. Welt des Wissens). Aktuell werden ausgemusterte Flugzeuge auf gigantischen Flugzeug-Friedhöfen in Arizona oder Kalifornien geparkt. Dort warten die Flugzeuge entweder auf wirtschaftlich bessere Zeiten oder auf ihre Entsorgung und Recycling. Das Recycling der Flugzeuge ist von Airbus Operations GmbH in dem Projekt PA-MELA, Process for Advanced Management of End of Life Aircraft, an einem Airbus A300 untersucht worden. Ergebnis dieses Projektes ist unter anderem die Aussage über das Wiederverwertungs- und Recycling-Potential an diesem Flugzeug. Von großer Bedeutung ist dabei, dass das Kabinen- und Cargo-Lining zu den Komponenten zählt, die nicht wiederverwertet werden können und ein geringes Potential an Recycling bieten (Airbus Operations GmbH 2008). Aus diesem Grund ist es wichtig auch das Potential eines späteren Flugzeug-Kabinenrecycling zu maximieren, vorzugsweise durch neuartige Verbundwerkstoffe und Verbundbauweisen. In dem Zusammenhang mit einer möglichen Integration neuer Werkstoffe sowie neuer Werkstoffarchitekturen für Kabinenkomponenten stellt sich die Frage nach möglichen Alterungseffekten dieser Kabinenkomponenten. Bei den Alterungseffekten spielt hinsichtlich eines ökologischen Kabineninterieurs vor allem eine mögliche Feuchtigkeitsaufnahme der Kabinenkomponenten eine Rolle. Diese sorgt nicht nur für einen Zuwachs des gesamten Kabinengewichts, sondern kann in Form einer möglichen Feuchtigkeitsaufnahme auch zu einer Änderung der ursprünglichen Materialparameter führen, was beispielsweise zu einer Änderung des akustischen Dämmungsverhaltens der Lining-Elemente führen kann.

Es ist bekannt, dass sowohl Absorption von Feuchtigkeit als auch thermische Einflüsse in der Lage sind die physikalischen Eigenschaften zwischen Fasern und Matrix zu verändern. Feuchtigkeit kann die Eigenschaften der Matrix herabsetzen, die thermischen Einflüsse hingegen können Mikrorisse in die Struktur induzieren. Die Mikrorisse resultieren dabei durch ein »anschwellen« der Matrix des Verbundwerkstoffes durch die Feuchtigkeit. Hinsichtlich einer Feuchtigkeitsaufnahme des Verbundwerkstoffes können zwei Effekte eintreten:

- Veränderungen der mechanischen Eigenschaften im Zusammenhang mit einer Feuchtigkeitsaufnahme. Die Veränderung der mechanischen Eigenschaften ist jedoch reversibel durch entsprechende Trocknung des Verbundwerkstoffes
- Veränderungen der mechanischen Eigenschaften, die trotz mehrfacher Trocknung vorhanden sind (F. Morganti et al. 1983).

Weiterhin ist bekannt, dass eine mögliche Feuchtigkeitsaufnahme der Verbundwerkstoffe auch vom verwendeten Harzsystem, der verwendeten Faser-Typen und der gewählten Architektur des Verbundwerkstoffes abhängig ist. Aramid-Fasern tendieren zu einer geringeren Aufnahme von Feuchtigkeit als beispielsweise Naturfasern (Manfred Neitzel 2004). Dabei kann eine Aufnahme von Feuchtigkeit positive wie negative Auswirkungen auf die Eigenschaften des Verbundwerkstoffes nehmen (Schürmann 2007). Eine wesentliche Besonderheit hinsichtlich einer Feuchtigkeitsaufnahme von Verbundbauweisen findet man im Flugzeugbau mit Sandwichstrukturen. Diese finden vor allem in der Flugzeugkabine ein weites Anwendungsspektrum für Lining-Komponenten. Werden als Kernstruktur dabei Wabenkerne verwendet »und liegen kleine Undichtigkeiten (Kapillaren) vor, so findet man folgende Form der Feuchteaufnahme. Nach einem Flug in großer Höhe, bei dem sich in den Waben Unterdruck eingestellt hat, wird am Boden durch die Kapillaren feuchte Luft in die Waben eingesogen. Beim anschließenden Flug in großer Höhe kondensiert die Feuchte und fällt als Wasser aus. Auf diese Weise erhöht sich mit jedem Flug die Feuchte in der Wabe; sie »pumpt« sich regelrecht mit Wasser voll. Neben der erheblichen Gewichtszunahme besteht schließlich sogar die Gefahr des Platzens durch Auffrieren. Das Problem betrifft in erster Linie Waben im Randbereich einer Sandwichstruktur. Eine Abhilfe besteht darin, belüftbare Kernstrukturen, z.B. Faltkerne einzusetzen« (Schürmann 2007).

Inwieweit Alterungseffekte durch Feuchtigkeit und Temperatur in der Flugzeugkabine an Lining-Komponenten auftreten, wird nachfolgend beschrieben. Dazu werden Maßnahmen beschrieben, die



versuchen durch neuartige Kabinenkonzepte, Materialien und Flexibilität innerhalb der Flugzeugkabine einer ökologischen Flugzeugkabine gerecht zu werden.

### **Alterungseffekte an Kabinenbauteilen**

Wie aus der Literatur bekannt, treten an Verbundwerkstoffen Alterungseffekte auf, welche die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffverbundes verändern können. Diese Änderungen der Eigenschaften können sowohl reversibel als auch irreversibel sein. In der Untersuchung der Alterungseffekte an Kabinenbauteilen wird in diesem Fall lediglich die Alterung in Form einer möglichen Feuchtigkeitsaufnahme untersucht. Dabei sind vorzugsweise die Veränderung der Durchbiegung sowie Gewichtsschwankungen durch eine mögliche Feuchtigkeitsaufnahme erfasst worden. Beide Parameter haben in Form des Flächengewichtes und der Biegesteifigkeit wiederum einen Einfluss auf die Schalldämmeigenschaften der Lining-Elemente.

Die Untersuchung der Alterungseffekte basiert zunächst auf der Erfassung realer Alterungseffekte innerhalb einer Flugzeugkabine. Im Anschluss ist eine künstliche Alterung innerhalb einer Klimakammer durchgeführt worden, um das Verhalten der Lining-Elemente unter extremen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zu testen. Für die Untersuchungen sind Deckenverkleidungen verwendet worden.

### **Reale Alterungseffekte**

Reale Alterungseffekte an Lining-Elementen der Flugzeugkabine durch eine etwaige Feuchtigkeitsaufnahme sind sehr schwer festzustellen. Dieses liegt vor allem an den vorliegenden Fertigungstoleranzen des Kabinen-Linings. Die Abbildung 1 beschreibt die Gewichte von neun Deckenverkleidungen der gleichen Bauart. Die Deckenverkleidungen sind alle vom gleichen Typ und aus dem gleichen Material hergestellt, trotzdem weisen die Deckenverkleidungen deutliche Gewichtsschwankungen auf. Weiterhin wird aus Abbildung 1 deutlich, dass das Gewicht dieser Panele zwischen Herstellung und Einbau in die Flugzeugkabine zugenommen hat. Es

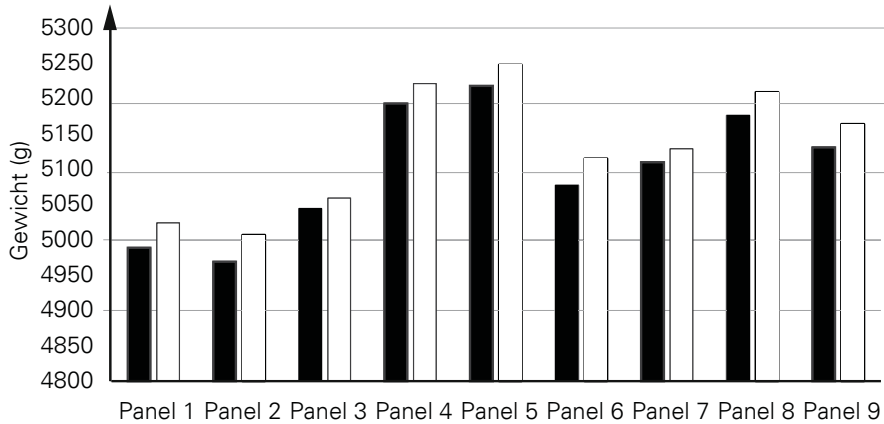


Abbildung 1: Gewichtsschwankungen zwischen Deckenverkleidungen gleicher Art nach der Fertigung und vor dem Einbau in die Flugzeugkabine

liegt die Vermutung nahe, dass sich dieser Gewichtszuwachs durch die Aufnahme von Feuchtigkeit eingestellt hat.

Es ist somit von einer allgemeinen Feuchtigkeitsaufnahme und Alterung auszugehen. Die Alterung durch eine Aufnahme von Feuchtigkeit lässt sich durch die einfache Methode der Erfassung der Gewichtsunterschiede in der Realität bei verschiedenen alten und unterschiedlich lang genutzten Verkleidungselementen nur schwer belegen, da gemessene Gewichtsunterschiede auch aus Fertigungstoleranzen resultieren können. Ältere Untersuchungen von Airbus Operations GmbH an Materialproben eines CF-EP-Prepregsystems (913C/T300) zeigen jedoch, dass diese Proben Feuchtigkeit aufnehmen. Die Aufnahme der Feuchtigkeit ist dabei recht träge, teilweise stellt sich eine Sättigung erst nach sieben Jahren ein, und die Feuchteaufnahme ist abhängig von den klimatischen Umgebungsbedingungen in denen das Flugzeug operiert. Abbildung 2 beschreibt nachfolgend die Feuchteaufnahme sowie die Sättigungfeuchten der Reiseproben (Schürmann 2007).

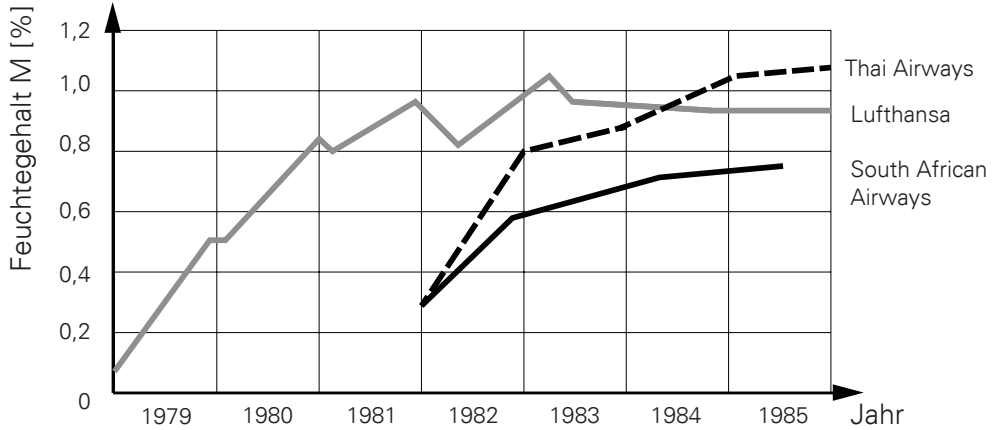


Abbildung 2: Feuchtaufnahme in Reiseproben sowie Sättigungsfeuchten in Abhängigkeit vom Einsatzprofil des Bauteils, d.h. dem Operationsraum der Fluglinie. CF-EP-Prepregsystem (913/T300), 3 mm dick; siehe auch DIN EN 2823 (1999), (Schürmann 2007)

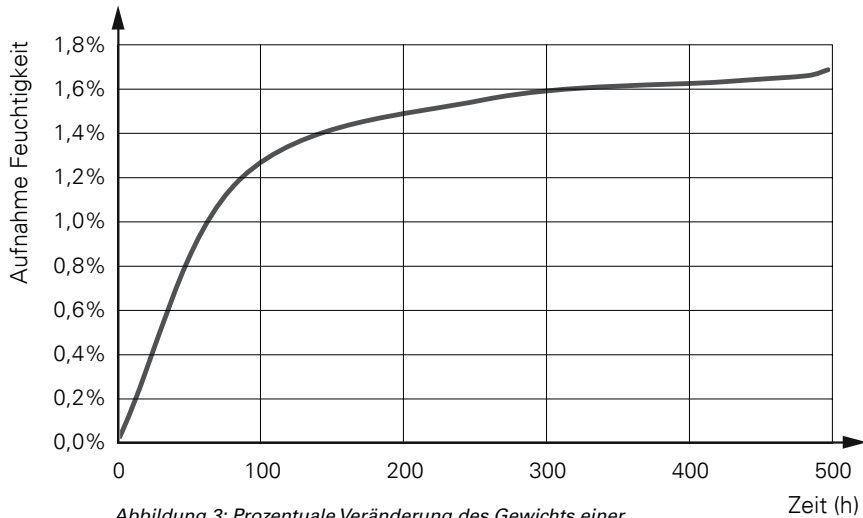


Abbildung 3: Prozentuale Veränderung des Gewichts einer Deckenverkleidung aus dem Jahr 1998 während der Einlagerung in einer Klimakammer bei 35 °C und 85 % rel. Luftfeuchtigkeit

Es ist unter realen Bedingungen somit davon auszugehen, dass die Verbundwerkstoffe, die in der Flugzeugkabine zum Einsatz kommen, durch Feuchtigkeitsaufnahme altern. Die Sättigungsfeuchten stellen sich dabei in Abhängigkeit des Operationszeitraums der Fluggesellschaft ein. Inwieweit sich diese Sättigung eher durch Diffusionsprozesse von Feuchtigkeit in die Kernstruktur der Sandwichbauteile oder in die Decklagen des Werkstoffverbundes einstellt, ist unklar.

### **Künstliche Alterung**

Unter künstlicher Alterung wird in diesem Zusammenhang das Altern von verschiedenen Deckenverkleidungen in einer Klimakammer verstanden. Dabei wird untersucht, inwieweit sich unter extremen Umgebungsbedingungen eine Feuchtigkeitsaufnahme der Deckenverkleidungen einstellt und die mögliche Aufnahme von Feuchtigkeit zu einer Veränderung der Biegesteifigkeit in Form der Durchbiegung und zu einer Veränderung der akustischen Dämmungseigenschaften führt. Die gewählten Umgebungsbedingungen innerhalb der Klimakammer waren dabei eine Temperatur von 35 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 85 %.

Insgesamt sind drei Deckenverkleidungen untersucht worden. Für jede Deckenverkleidung ist zunächst vor Beginn der Einlagerung in der Klimakammer das Gewicht, die Durchbiegung bei definierten Lasten und das Schalldämmmaß ermittelt und gemessen worden. Nach Ende der Einlagerung der Deckenverkleidungen in der Klimakammer sind das Gewicht, die Durchbiegung und das Schalldämmmaß nochmals ermittelt worden und den gemessenen Ausgangswerten gegenübergestellt worden. Lediglich die Veränderung des Gewichts der Deckenverkleidungen durch eine etwaige Aufnahme von Feuchtigkeit ist während der Einlagerung in der Klimakammer fortlaufend dokumentiert worden. Abbildung 3 beschreibt die prozentuale Veränderung des Gewichts der Deckenverkleidung in der Klimakammer.

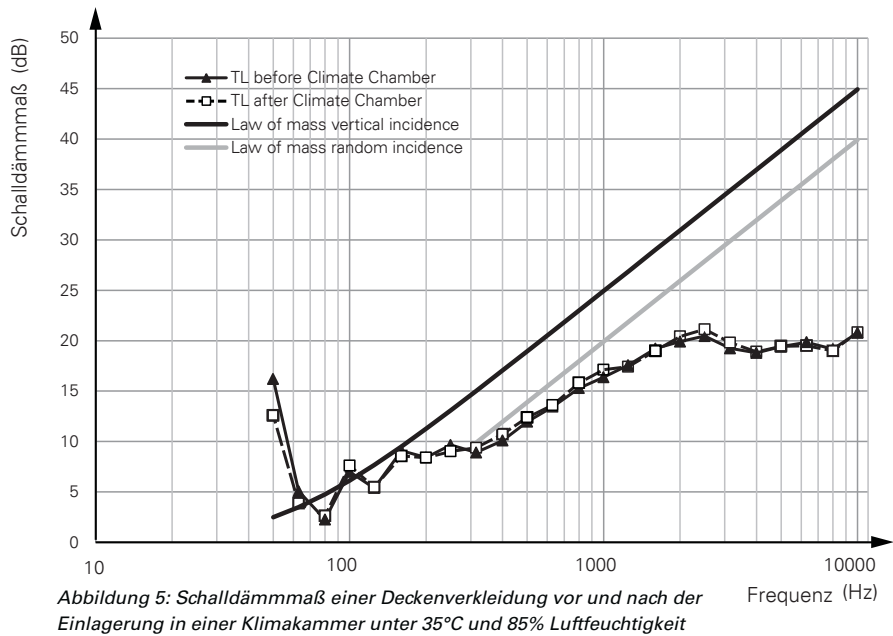
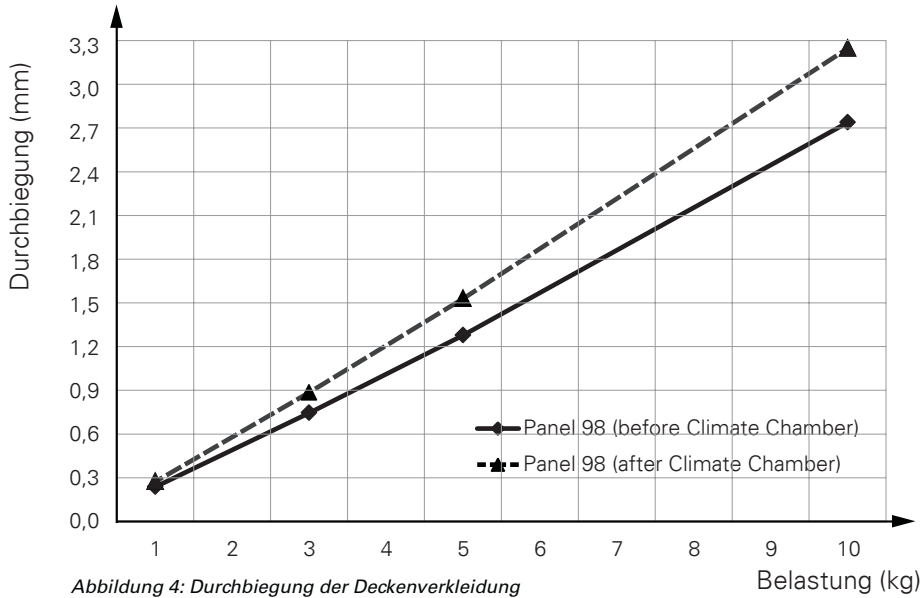
Nach der Einlagerung von fast 500 Stunden bei 35 °C und 85 % rel. Luftfeuchtigkeit nimmt neben dem Gewicht auch die Durchbiegung der Deckenverkleidung im Vergleich zur Ausgangsdurchbiegung deutlich zu (vergleiche Abbildung 4).

Eine Erhöhung des Flächengewichts und eine Verringerung der Biegesteifigkeit haben nach den theoretischen akustischen Grundlagen (Hermann Henn et al. 2008) einen positiven Einfluss auf das Schalldämmmaß und den damit verbundenen Koinzidenzeffekt. Demzufolge müssten sich durch die gemessenen Veränderungen hinsichtlich Gewicht und Durchbiegung auch positive Änderungen im Schalldämmmaß einstellen. Das ermittelte Schalldämmmaß der Deckenverkleidung vor und nach Einlagerung in der Klimakammer ist in Abbildung 5 dargestellt.

Aus Abbildung 5 wird deutlich, dass die Einlagerung der Deckenverkleidung in der Klimakammer unter den extremen Umgebungsbedingungen keinen Einfluss auf die Dämmungseigenschaften der Deckenverkleidung hat. Das Schalldämmmaß ist nahezu über den kompletten Frequenzbereich identisch und auch eine durch die Verringerung der Biegesteifigkeit anzunehmende Verschiebung der Koinzidenzfrequenz in Richtung höherer Frequenzen tritt nicht auf. Eine Alterung der Kabinenkomponenten durch die Aufnahme von Feuchtigkeit hat somit keine Einflüsse auf die akustischen Dämmungseigenschaften der betrachteten Kabinenkomponenten.

### **Ökologische Kabinenkonzepte**

Unter ökologischen Kabinenkonzepten wird in diesem Zusammenhang zwischen zwei Arten von Konzepten unterschieden. Auf der einen Seite die reinen Kabinenkonzepte, die durch eine Gewichtsreduktion darauf abzielen die entstehenden Schadstoffemissionen während der Nutzungsphase der Flugzeuge zu reduzieren. Auf der anderen Seite werden neue Werkstoffverbunde betrachtet, die durch neue Werkstoffe und geänderte Architekturen einen Mehrwert innerhalb der Flugzeugkabine erzielen. Dieser Mehrwert soll vorzugsweise durch die Integration von Funktionen geschehen. Darunter ist zu verstehen, dass Funktionen von vorliegenden, in der Kabine genutzten Kabinenkomponenten in die neuen Werkstoffverbunde integriert werden. Durch diese gezielte Integration von Funktionen stellt sich bestenfalls eine Verringerung der in der Flugzeugkabine zu integrierenden Komponenten sowie, damit einhergehend, eine Gewichtsreduktion ein.



## Flugzeugkabinenkonzepte

Nach dem Advisory Council for Aeronautics in Europe (ACARE) besteht eine Möglichkeit für eine Reduktion der Emissionen während der Nutzungsphase der Flugzeuge in einer allgemeinen Gewichtsreduktion. Innerhalb der Flugzeugkabine sind die verbauten Kabinenkomponenten hinsichtlich des Gewichts jedoch schon so weit optimiert, dass eine weitere Gewichtsreduktion zu einer Verschlechterung der mechanischen, akustischen und auch thermischen Eigenschaften führen kann. Somit ist eine weitere Gewichtsreduktion nicht durch die Optimierung einzelner Komponenten vorstellbar sondern eher durch die Umsetzung neuer Kabinenkonzepte. Bei den Kabinenkonzepten handelt es sich zum Teil um sehr radikale Kabinenkonzepte, die dem Passagier zum Teil deutlich weniger Komfort bieten. Der grundlegende Antritt bei den Konzepten ist es Konzepte zu entwickeln, die eine deutliche Reduktion des Kabinengewichts ermöglichen, auch wenn dadurch dem Passagier weniger Komfort geboten wird. Denn steigende Rohstoffpreise führen zwangsläufig zu höheren Preisen für Flugtickets. Um also dem Passagier in Zukunft weiterhin kostengünstige Flugtickets durch einen verringerten Kerosinverbrauch anbieten zu können, muss dieser zwangsläufig auf Komfort verzichten, so dass eine Reduktion des Kabinengewichts umgesetzt werden kann.

Eine Möglichkeit für eine deutliche Gewichtsreduktion der Flugzeugkabine ist eine Flugzeugkabine ohne Hatracks (Handgepäckstauflächen). Ein Beispiel ist in Abbildung 6 dargestellt.

Eine Flugzeugkabine ohne Handgepäckstauflächen hat den Vorteil einer deutlichen Gewichts- und daraus resultierend auch Emissionsreduktion. Jedoch entstehen für den Passagier deutliche Nachteile, da dieser nicht mehr die Möglichkeit hat sein Handgepäck mit in die Kabine zu nehmen oder nur noch ein deutlich verringertes Volumen an Handgepäck. Sofern bei einer Kabine ohne Handgepäckstauflächen für den Passagier weiterhin die Möglichkeit besteht Handgepäck mitzuführen, gibt es Konzepte, die ein Verstauen des Handgepäckes unter dem eigenen Sitz oder an dem Vordersitz ermöglichen.



Abbildung 6: Konzeptionelle Darstellung einer Flugzeugkabine ohne Hatracks in einem Twin-Aisle

## Neue Materialien

Neben einer Gewichtseinsparung durch zum Teil radikale Kabinenkonzepte besteht eine weitere Möglichkeit in der Integration neuer Materialien für entsprechende Kabinenkomponenten. Die neuen Werkstoffe bieten bestenfalls bessere physikalische und mechanische Eigenschaften als die bisherigen Werkstoffe oder bessere Möglichkeiten hinsichtlich der Funktionsintegration. Das Fraunhofer Institut für Polymermaterialien und Composite (PYCO) hat neuartige Kernstrukturen weiterführend untersucht. Dabei handelt es sich um eine Noppenwaabe. »Noppenwaaben sind ein leichtes, kostengünstiges Kernmaterial für Sandwichpaneele. Das Material weist eine drei-dimensionale Noppenstruktur in einem mit Reaktivharz fixiertem Textil auf. Durch Variation des Materials (Textil und Reaktivharz), der Noppengeometrie (Höhe, Durchmesser, Anordnung) und der Sandwich-Decklagen lassen sich die Eigenschaften (insbesondere mechanische und Brandeigenschaften) des Paneels für jede Anwendung individuell einstellen. Ein Noppenwaabensandwich erzielt im Vergleich mit einem Aramidpapier-Honeycomb-Paneel



bei analoger Konfiguration ähnlich gute Sandwicheigenschaften« (Bauer 2006). Aus ökologischen Gesichtspunkten besteht ein weiterer Vorteil darin, dass die Noppenwaabe drainierbar ist und somit im Vergleich zu Honeycomb-Kernstrukturen mit einer geringeren Gewichtszunahme durch eine etwaige Feuchtigkeitsaufnahme zu rechnen ist. Weiterführende Untersuchungen an Materialproben mit Noppenwaabekern haben gezeigt, dass diese im Vergleich zu Kernstrukturen aus Honeycomb akustisch bessere Eigenschaften aufweisen. Dieses wird aus Abbildung 7 deutlich. In der Abbildung ist das Schalldämmmaß eines Sandwichverbundes mit Noppenwaabekern dem Schalldämmmaß eines Sandwichverbundes mit Honeycombkern gegenübergestellt. Die verwendeten Materialproben weisen dabei gleiche Deckschichten und Festigkeitswerte auf, lediglich die Kernstruktur unterscheidet sich voneinander.

Die Dämmungseigenschaften eines Sandwichverbundes mit Noppenwaabekern sind vor allem im hochfrequenten Bereich einem Sandwichverbund mit Honeycombkern überlegen. Selbst beim anzunehmenden Koinzidenzeinbruch des Sandwichverbundes mit Noppenwaabekern bei ca. 8000 Hz liegt das Schalldämmmaß weiterhin über dem Schalldämmmaß des Sandwichverbundes mit Honeycombkern.

Aus ökologischer Sicht können die deutlich besseren Dämmeigenschaften eines Sandwichverbundes mit Noppenwaabekern in der Flugzeugkabine dazu beitragen, dass weniger Sekundärsolierung als akustische Dämmung benötigt wird. Dieses würde zwangsläufig zu einer Reduktion des Kabinengewichts führen.

### **Zusammenfassung**

Kabinenkomponenten nehmen im realen Flugbetrieb Feuchtigkeit auf. Aufgrund der Fertigungstoleranzen der Kabinenkomponenten wie Deckenverkleidungen ist es jedoch sehr schwer eine Aussage über eine etwaige Feuchtigkeitsaufnahme zu treffen, wenn das Gewicht der entsprechenden Kabinenkomponenten nach der Fertigung nicht bekannt ist.

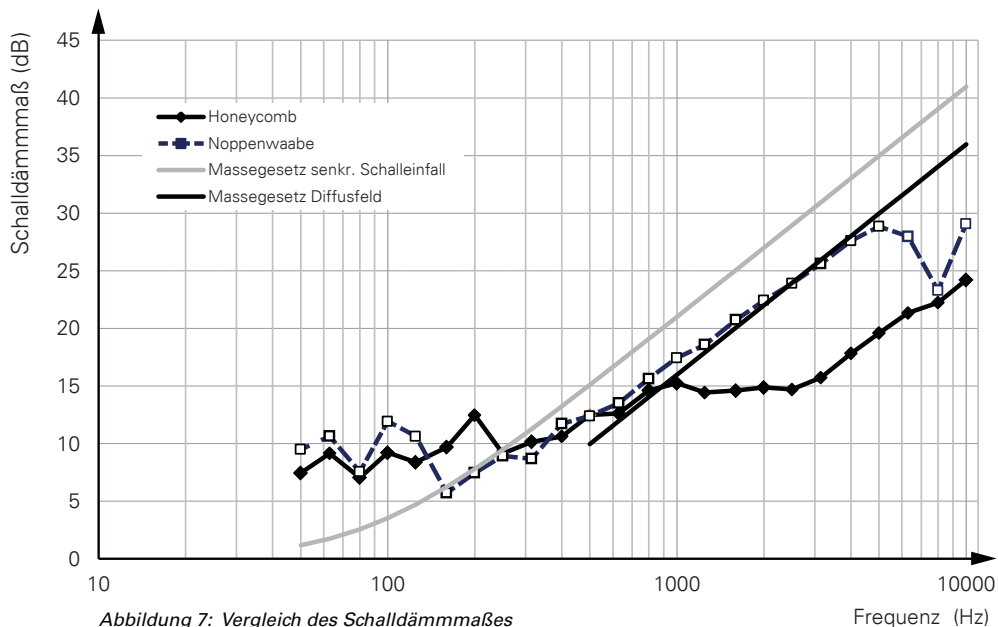


Abbildung 7: Vergleich des Schalldämmmaßes zwischen Honeycomb und Noppenwaabe

Eine künstliche Alterung von Deckenverkleidungen in einer Klimakammer unter extremen Umgebungsbedingungen zeigt, dass diese Feuchtigkeit aufnehmen. Des Weiteren ändert die Feuchtigkeitsaufnahme die mechanischen Eigenschaften der entsprechenden Kabinenkomponenten in der Form, dass diese biegeweicher werden.

Betrachtet man die Feuchtigkeitsaufnahme aus ökologischer Sicht, so ist diese negativ zu bewerten, da die Flugzeugkabine im Gewicht zunimmt. Aus Sicht des Passagierkomforts hat die Feuchtigkeitsaufnahme an einer einfachen Deckenverkleidung keine negativen Auswirkungen, da die Dämmungseigenschaften der untersuchten Deckenverkleidung trotz Feuchtigkeitsaufnahme unverändert bleiben und sich somit auch der Schallpegel in der Flugzeugkabine nicht verändern sollte.

Radikale Kabinenkonzepte wie eine Flugzeugkabine ohne Haatracks weisen durch eine Gewichtsreduktion ein deutliches ökologisches Potential auf. Kritisch zu betrachten ist dabei jedoch immer, inwieweit solche radikalen Kabinenkonzepte auf Akzeptanz beim Passagier stoßen.

Weiterhin können neuartige Werkstoffe durch ihre deutlich besseren akustischen Eigenschaften dazu beitragen, dass eine weitere Gewichtseinsparung erzielt wird, indem die bisherigen Komponenten in der Kabine zur akustischen Dämmung komplett wegfallen oder reduziert ausgeführt werden können.

### Literaturverzeichnis

- ACARE. 2002. Strategic Research Agenda Volume 1 & Volume 2. Brüssel: s.n. 2002.
- Airbus Operations GmbH. 2008. PAMELA-Life: Main Results of the project. 2008.
- Airbus Operations GmbH. 2009. Streamlined Life Cycles Assessment. Hamburg : s.n.
- Bauer, Prof. Dr. Sc. Nat. Monika. 2006. Fraunhofer PYCO. [Online] 8 2006. [Zitat vom: 5. 3 2012.] <http://www.pyco.fraunhofer.de/de/publikationen/institutsflyer.html>.
- Effects of Moisture and Thermal Ageing on Structural Stability of Sandwich Panels. F. Morganti, M. Marchetti, G. Reibaldi. 1983. Budapest : s.n., 1983. 34. Congress of the International Astronautical Federation (IAF).
- Hermann Henn, Gh. Reza Sinambari, Manfred Fallen. 2008. Ingenieurakustik - Physikalische Grundlagen und Anwendungen. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Manfred Neitzel, Peter Mitschang. 2004. Handbuch Verbundwerkstoffe - Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung. München: Carl Hanser Verlag 2004.
- P.M. Welt des Wissens. [Online] [Zitat vom: 02. 04 2012.] <http://www.pm-magazin.de/a/vom-schrottplatz-auf-die-startbahn>.
- Schürmann, Helmut. 2007. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden, 2. bearbeitete und erweiterte Auflage. Darmstadt : Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.

## **Kontakt**

Dipl.-Ing. Patrick Rollfink  
Patrick.rollfink@eads.net

Nils Ischdonat, M. Sc.  
Nils.ischdonat@eads.net

EADS Deutschland GmbH  
Nesspiel 1  
21129 Hamburg